

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-113863

(43)公開日 平成9年(1997)5月2日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/13	5 0 5		G 0 2 F 1/13	5 0 5
1/1335	5 0 5		1/1335	5 0 5
1/1347			1/1347	
G 0 3 B 33/12			G 0 3 B 33/12	
H 0 4 N 9/31			H 0 4 N 9/31	C
審査請求 未請求 請求項の数8 F D (全 19 頁)				

(21)出願番号 特願平7-297628

(22)出願日 平成7年(1995)10月20日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 下村 英明

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内

(72)発明者 服部 徹夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内

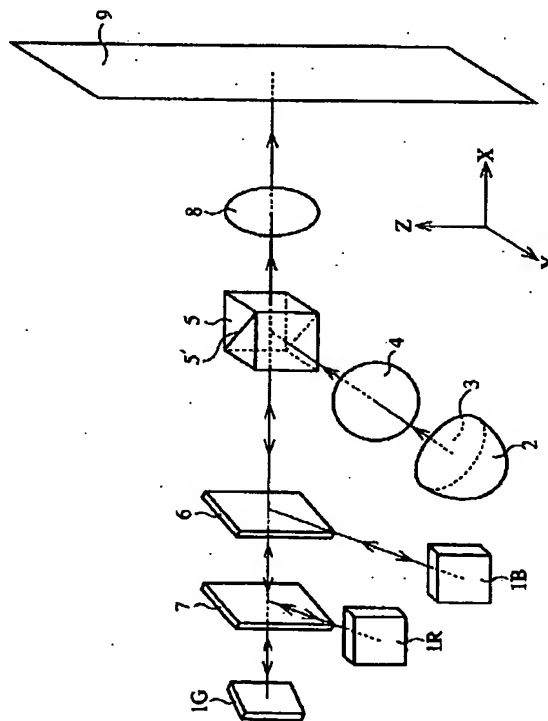
(74)代理人 弁理士 四宮 通

(54)【発明の名称】 投射型表示装置

(57)【要約】

【目的】 投射像の非点収差が小さくし、シャープな投射像を得る。

【構成】 光源からの光を偏光ビームスプリッタ5で偏光分離する。偏光分離されたS偏光光を、ダイクロイックミラー6、7により3原色の光に色分解する。色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子1G、1R、1Bにそれぞれ入射させる。3つの空間光変調素子1G、1R、1Bにて変調された各色の変調光をダイクロイックミラー6、7により色合成する。色合成された光を偏光ビームスプリッタ5で検光する。検光された光を投射光学系8によりスクリーン9上に投射する。ダイクロイックミラー6、7のうちの少なくとも1つを透過する変調光である緑色変調光及び赤色変調光を、当該透過するダイクロイックミラー6、7に対して45度未満の入射角で入射させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光を偏光分離し、偏光分離された1つの偏光光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光を色合成し、色合成された光を検光し、検光された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備えた投射型表示装置において、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項2】 光源からの光を偏光分離し、偏光分離された1つの偏光光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光を色合成し、色合成された光を検光し、検光された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備えた投射型表示装置において、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々となす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項3】 光源からの光を偏光分離し、偏光分離された1つの偏光光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光を色合成し、色合成された光を検光し、検光された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備えた投射型表示装置において、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させ、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々となす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項4】 光源からの光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光をそれぞれ偏光分離し、偏光分離

された各色の一方の偏光光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光をそれぞれ検光し、検光された各色の光を色合成し、色合成された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備えた投射型表示装置において、

前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項5】 光源からの光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光をそれぞれ偏光分離し、偏光分離された各色の一方の偏光光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光をそれぞれ検光し、検光された各色の光を色合成し、色合成された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備えた投射型表示装置において、

前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々となす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項6】 光源からの光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光をそれぞれ偏光分離し、偏光分離された各色の一方の偏光光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光をそれぞれ検光し、検光された各色の光を色合成し、色合成された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備えた投射型表示装置において、

前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させ、

前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々となす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項7】 前記入射角が20度乃至43度の範囲の角度であることを特徴とする請求項1、3、4及び6のいずれかに記載の投射型表示装置。

【請求項8】 前記各平面が互いに45度乃至90度の範囲の角度をなすことを特徴とする請求項2、3、5、

6及び7のいずれかに記載の投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶ライトバルブなどの空間光変調素子を用いて画像をスクリーン上に拡大投影する投射型表示装置に関し、特に、偏光を利用して光を空間的に変調する位相差変調型（偏光変調型）の空間光変調素子を用いた投射型表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図12乃至図14は、それぞれ位相差変調型の空間光変調素子を用いた従来の投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。なお、図12乃至図14並びに後述する種々の図面において、X軸、Y軸及びZ軸は、説明の便宜上定めた軸であり、互いに垂直な軸である。

【0003】まず、図12に示す従来の投射型表示装置について、説明する。この投射型表示装置では、キセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライドランプ等のランプ102と該ランプ102の背部に配置される楕円鏡または球面鏡からなる凹面鏡103とから構成される光源から出射された白色光は、図示しない紫外線カットフィルタ及び赤外線カットフィルタを通り、整形光学系104にて略平行光に整形され、偏光ビームスプリッタ105に入射される。該偏光ビームスプリッタ105にて偏光分離され反射されたS偏光光は、X軸方向に進み、色分解光学系を構成する2つのダイクロイックミラー106、107によってR、G、Bの3原色の光に色分解される。ダイクロイックミラー106は青色光（B）を反射し、赤色光（R）及び緑色光（G）を透過させる。ダイクロイックミラー107は赤色光を反射し、緑色光を透過させる。

【0004】青色反射ダイクロイックミラー106及び赤色反射ダイクロイックミラー107は、それらの法線が共にXY平面内においてX軸に対して45度傾くように互いに平行に配置されている。偏光ビームスプリッタ105にて偏光分離されたS偏光光のうちの青色光は、ダイクロイックミラー106にて入射光に対し直角の角度で反射され（すなわち、Y方向に反射され）、位相差変調型の青色用空間光変調素子101Bに読み出し光として入射する。ダイクロイックミラー106を透過した光のうちの赤色光は、該ミラー106と平行に配置された赤色反射ダイクロイックミラー107に入射し、入射光に対し直角の角度で反射され（すなわち、Y方向に反射され）、位相差変調型の赤色用空間光変調素子101Rに読み出し光として入射する。ミラー107を透過した緑色光は、そのまま位相差変調型の緑色用空間光変調素子101Gに読み出し光として入射する。

【0005】各空間光変調素子101B、101R、101Gにて変調され反射された各色の変調光は、入射時

と逆方向に進行し、前記2つのダイクロイックミラー106、107にて色合成され、偏光ビームスプリッタ105に再度入射する。色合成された光は偏光ビームスプリッタ105にて検光され、色合成された光のP偏光成分のみが、偏光ビームスプリッタ105を透過し、投射光学系108にてスクリーン109上に投射される。なお、本例では、以上の説明からわかるように、ダイクロイックミラー106、107は色合成光学系も兼用している。

【0006】次に、図13に示す従来の投射型表示装置について、説明する。この投射型表示装置では、図12に示す投射型表示装置と同様のランプ202及び凹面鏡203からなる光源から出射した白色光は、図示しない紫外線カットフィルタ、赤外線カットフィルタを通り、整形光学系204にて略平行光に整形され、偏光ビームスプリッタ205に入射される。該偏光ビームスプリッタ205にて偏光分離され反射されたS偏光光は、X軸方向に進み、色分解光学系を構成する2つのダイクロイックミラー206、207によってR、G、Bの3原色の光に色分解される。ダイクロイックミラー206、207は互いに直角にX型に組まれている。ダイクロイックミラー206は、その法線がXY平面内においてX軸に対して45度傾くように配置されている。ダイクロイックミラー207は、その法線がXY平面内においてX軸に対して逆方向に45度傾くように配置されている。ダイクロイックミラー206は、青色光を反射し、赤色光及び緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー207は赤色光を反射し、青色光及び緑色光を透過させる。

【0007】偏光ビームスプリッタ205にて偏光分離されたS偏光光のうちの青色光は、ダイクロイックミラー206にて入射光に対し直角の角度で反射され（すなわち、Y方向に反射され）、位相差変調型の青色用空間光変調素子201Bに読み出し光として入射する。同様に、偏光ビームスプリッタ205にて偏光分離されたS偏光光のうちの赤色光は、ダイクロイックミラー207にて入射光に対し直角の角度で反射され（すなわち、Y方向に反射され）、位相差変調型の赤色用空間光変調素子201Rに読み出し光として入射する。偏光ビームスプリッタ206、207を透過した緑色光は、そのまま位相差変調型の緑色用空間光変調素子201Gに読み出し光として入射する。

【0008】各色用空間光変調素子201B、201R、201Gにて変調され反射された各色の変調光は、入射時と逆方向に進行し、前記2つのダイクロイックミラー206、207にて色合成を受け、偏光ビームスプリッタ205に再度入射する。色合成された光は偏光ビームスプリッタ205にて検光され、色合成された光のP偏光成分のみが、偏光ビームスプリッタ205を透過し、投射光学系208にてスクリーン209上に投射される。なお、本例においても、ダイクロイックミラー2

06, 207は色合成光学系も兼用している。

【0009】次に、図14に示す従来の投射型表示装置について、説明する。図14の例は、図12及び図13の例が色分解及び色合成を同じダイクロイックミラーにて行ったのとは異なり、色分解及び色合成をそれぞれ別のダイクロイックミラー等の光学系にて行った例である。図14に示す投射型表示装置では、光源（図示せず）からの白色光が3原色の光（ランダム偏光光）に色分解され、各色の光がY軸方向に進んで、各色に対応して設けられた3つの偏光ビームスプリッタ302B, 302R, 302Gにそれぞれ入射される。各色光とも偏光ビームスプリッタ302B, 302R, 302Gにて偏光分離され、各色光のうちのS偏光成分のみがそれぞれ偏光ビームスプリッタ302B, 302R, 302GにてZ方向に反射され、各色光用空間光変調素子301B, 301R, 301Gにそれぞれ読み出し光として入射される。

【0010】各空間光変調素子301B, 301R, 301Gにて変調され反射された各色の変調光は、それぞれZ軸方向に逆に進んで再度偏光ビームスプリッタ302B, 302R, 302Gにそれぞれ入射する。各色の変調光は偏光ビームスプリッタ302B, 302R, 302Gにてそれぞれ検光され、各色の変調光のP偏光成分のみが、偏光ビームスプリッタ302B, 302R, 302Gをそれぞれ透過し、色合成光学系を構成するダイクロイックミラー303, 304, 305にそれぞれ入射し、これらにより色合成される。ダイクロイックミラー303, 304, 305は、それらの法線がいずれもXZ平面内においてZ軸に対して45度傾くように互いに平行に配置されている。ダイクロイックミラー303は緑色光を反射する。ダイクロイックミラー304は、赤色光を反射し、緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー305は、青色光を反射し、緑色光及び赤色光を透過させる。ダイクロイックミラー304, 305にて色合成された光は、投射光学系306にてスクリーン307上に投射される。

【0011】以上述べた各従来例は、各色用空間光変調素子に入射した直線偏光光が各変調素子の書き込み光等によって変調され、出射された変調光のうち、変調された部分のみを偏光分離し、投射するいわゆる偏光光学系のフルカラー投射型表示装置である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、位相差変調型の空間光変調素子を用いた前述した従来の投射型表示装置においては、投射像の非点収差が大きいという問題があった。

【0013】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、投射像の非点収差が小さくシャープな像を得ることができる、位相差変調型の空間光変調素子を用いた投射型表示装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、位相差変調型の空間光変調素子を用いた投射型表示装置を研究し、非点収差が大きい原因が色合成に使用するダイクロイックミラーにあることを見出した。この点について、以下に説明する。

【0015】投射光学系に対し、各空間光変調素子上の点とスクリーン上の像は共役関係にある。各色用空間光変調素子と投射光学系との間には、従来例で述べたように色合成光学系として作用する複数のダイクロイックミラーが存在する。図12の従来例では、緑色用空間光変調素子101Gからの変調光は、ダイクロイックミラー107, 106を透過する。赤色用空間光変調素子101Rからの変調光は、ダイクロイックミラー107で反射し、ダイクロイックミラー106を透過する。青色用空間光変調素子101Bから出射された変調光はダイクロイックミラー106で反射される。各色の変調光ともダイクロイックミラー106, 107に対する反射及び透過のいずれの場合にも入射角は45度である。各変調光はこれらのダイクロイックミラー106, 107にて色合成され、偏光ビームスプリッタ105にて検光され、透過偏光光のみが投射光学系108に入射される。ダイクロイックミラー107, 106は一般的に透明なガラス板面上に所定色反射膜を形成したものであり、光が透過する際には該ガラス板にて屈折される。図12の従来例の場合、前述したように緑色変調光は2つのダイクロイックミラー107, 106を透過し、赤色変調光は1つのダイクロイックミラー106を透過する。このように変調光がダイクロイックミラーを透過する際、子午的光束と球欠的光束の光路長の差が発生し、投射像に非点収差を発生させていることが判明した。

【0016】図13の従来例では、各色用空間光変調素子201B, 201R, 201Gから出射された各色変調光をX型に組まれたダイクロイックミラー206, 207にて色合成しているが、緑色変調光は2つのダイクロイックミラー206, 207を通過し、青色変調光及び赤色変調光は、半分の領域においてそれぞれ1つのダイクロイックミラー（青色変調光の場合にはダイクロイックミラー207、赤色変調光の場合にはダイクロイックミラー206）を透過することになる。図14の従来例では、図12の従来例と同様に、緑色変調光は2つのダイクロイックミラー304, 305を透過し、赤色変調光は1つのダイクロイックミラー305を透過する。

【0017】本発明は、このような本発明者らによる投射像の非点収差の発生原因の究明の結果に基づいてなされたものである。

【0018】本発明の第1の態様による投射型表示装置は、光源からの光を偏光分離し、偏光分離された1つの偏光光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそ

れぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光を色合成し、色合成された光を検光し、検光された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備える。そして、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させる。

【0019】本発明の第2の態様による投射型表示装置は、前記第2の態様による投射型表示装置と同様に、光源からの光を偏光分離し、偏光分離された1つの偏光光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光を色合成し、色合成された光を検光し、検光された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備える。そして、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々とがなす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させる。

【0020】本発明の第3の態様による投射型表示装置は、前記第1の態様による投射型表示装置と同様に、光源からの光を偏光分離し、偏光分離された1つの偏光光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光を色合成し、色合成された光を検光し、検光された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備える。そして、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させる。同時に、前記3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々とがなす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させる。

【0021】本発明の第4の態様による投射型表示装置は、光源からの光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光をそれぞれ偏光分離し、偏光分離された各色の一方の偏光光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光をそれぞれ検光し、検光された各色の光を色合成し、色合成された光を投射する

投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備える。そして、前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させる。

【0022】本発明の第5の態様による投射型表示装置は、前記第4の態様による投射型表示装置と同様に、光源からの光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光をそれぞれ偏光分離し、偏光分離された各色の一方の偏光光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光をそれぞれ検光し、検光された各色の光を色合成し、色合成された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備える。そして、前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々とがなす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させる。

【0023】本発明の第6の態様による投射型表示装置は、前記第4の態様による投射型表示装置と同様に、光源からの光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光をそれぞれ偏光分離し、偏光分離された各色の一方の偏光光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光をそれぞれ検光し、検光された各色の光を色合成し、色合成された光を投射する投射型表示装置であって、前記色合成を行う色合成手段として複数のダイクロイックミラーを備える。そして、前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させる。同時に、前記検光された各色の光のうち、前記複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々とがなす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させる。

【0024】本発明の第7の態様による投射型表示装置は、前記第1、第3、第4及び第6のいずれかの態様による投射型表示装置において、前記入射角を20度乃至43度の範囲の角度にしたものである。

【0025】本発明の第8の態様による投射型表示装置は、前記第2、第3、第5、第6及び第7のいずれかの態様による投射型表示装置において、前記各平面が互いに45度乃至90度の範囲の角度をなすものである。

【0026】ところで、空間光変調素子上の1点から出てダイクロイックミラーにある入射角($\neq 0$ 度)で入射

して該ダイクロイックミラーを透過する光束を子午的光束と球欠的光束とに分けて考えると、子午的光束と球欠的光束とでは、ダイクロイックミラーを構成するガラス基板への入射角が異なることとなり、該ガラス基板を透過する光路長が異なることとなる。その結果、投射光学系による結像点が子午的光束と球欠的光束とで異なることになり非点収差が発生してしまう。そして、ダイクロイックミラーに入射して該ダイクロイックミラーを透過する光束の入射角が大きければ大きいほど子午的光束と球欠的光束との間の光路長差が大きくなって投射像の非点収差が大きくなり、逆に、当該入射角が小さければ小さいほど前記光路長差が小さくなって投射像の非点収差が小さくなり、当該入射角が0度であれば、前記光路長差がなくなって投射像の非点収差の問題が発生しない。

【0027】この点、前記第1及び第3の態様では、3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、色合成手段を構成する複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させている。また、前記第4及び第6の態様では、3つの空間光変調素子からの各色の変調光を検光した各色の光のうち、色合成手段を構成する複数のダイクロイックミラーのうちの少なくとも1つを透過する光を、当該透過するダイクロイックミラーに対して45度未満の入射角で入射させている。このため、前記第1、第3、第4及び第6の態様によれば、入射角を45度に設定していた前述した従来の投射型表示装置に比べて、前記子午的光束と球欠的光束との間の光路長差が小さくなり、投射像の非点収差が小さくなり、シャープな投射像を得ることができる。

【0028】前記入射角を小さく設定するほど投射像の非点収差が小さくなり光学特性上は好ましいが、各光学素子の実際の配置上の制約から前記入射角を小さくするにも限界がある。この点を考慮すると、第7の態様のように、前記入射角を20度乃至43度の範囲の角度に設定することが好ましく、前記入射角を25度乃至35度の範囲の角度に設定することが一層好ましい。

【0029】ところで、空間光変調素子で変調された後に色合成手段を構成するダイクロイックミラーを透過する光のうちには、2つ以上のダイクロイックミラーを透過するものがある。例えば、前述した図12に示す従来の投射型表示装置では、空間光変調素子101Gからの緑色変調光はダイクロイックミラー107、106を透過する。また、前述した図14に示す従来の投射型表示装置では、空間光変調素子301Gからの緑色変調光はダイクロイックミラー304、305を透過する。これらの従来の投射型表示装置では、当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーが互いに平行に配置され、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々がなす各平面の方向が同一と

されている。例えば、図12に示す従来の投射型表示装置では、ダイクロイックミラー106の法線とダイクロイックミラー107を透過する緑色変調光の光軸とがなす平面も、ダイクロイックミラー107の法線とダイクロイックミラー107を透過する緑色変調光の光軸とがなす平面も、共にXY平面であり、両者の平面の方向は同一である。また、前述した図14に示す従来の投射型表示装置では、ダイクロイックミラー304の法線とダイクロイックミラー304を透過する緑色変調光の光軸とがなす平面も、ダイクロイックミラー305の法線とダイクロイックミラー305を透過する緑色変調光の光軸とがなす平面も、共にXZ平面であり、両者の平面の方向は同一である。したがって、従来の投射型表示装置では、空間光変調素子により変調された後に2つ以上のダイクロイックミラーを透過する光に関して、それぞれのダイクロイックミラーにおいて子午的光束と球欠的光束の関係が同一となる。したがって、当該透過する光の各ダイクロイックミラーに関する子午的光束と球欠的光束との間の光路長差が累積され、投射像の非点収差が大きいの。

【0030】これに対し、前記第2及び第3の態様では、3つの空間光変調素子からの各色の変調光のうち、色合成手段を構成する複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々がなす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させている。また、前記第5及び第6の態様では、3つの空間光変調素子からの各色の変調光を検光した各色の光のうち、色合成手段を構成する複数のダイクロイックミラーのうちの2つ以上を透過する光を、当該透過する光の光軸と当該透過する2つ以上のダイクロイックミラーの法線の各々がなす各平面の方向が互いに異なるように、当該透過するダイクロイックミラーに入射させている。したがって、空間光変調素子により変調された後に2つ以上のダイクロイックミラーを透過する光に関して、それぞれのダイクロイックミラーにおいて子午的光束と球欠的光束の関係が異なることとなる。このため、当該透過する光の各ダイクロイックミラーで発生する子午的光束と球欠的光束との間の光路長差の累積の程度が小さくなり、投射像の非点収差が小さくなり、シャープな投射像を得ることができる。特に、前記第8の態様のように、前記各平面が互いに45度乃至90度の範囲の角度をなすようにすれば、前記光路長差の累積の程度が大幅に小さくなるので、好ましい。とりわけ、前記各平面が互いに略90度の角度をなすようにすれば、空間光変調素子により変調された後に2つ以上のダイクロイックミラーを透過する光に関して、それぞれのダイクロイックミラーにおいて子午的光束と球欠的光束の関係が完全に逆になるので、各ダイクロイックミラーで発生する子午的光束と球

欠的光束との間の光路長差が相補されることとなり、それにより投射像の非点収差が著しく小さくなるため、好ましい。

【0031】なお、前記第3及び第6の態様の場合には、前記第1及び第4の態様と同様に個々のダイクロイックミラーにおいて子午的光束と球欠的光束との間の光路長差が小さくなるとともに、前記第2及び第5の態様と同様に2つ以上のダイクロイックミラーで発生した子午的光束と球欠的光束との間の光路長差の累積が小さくなるので、前記第1、第2、第4及び第5の態様に比べて、投射像の非点収差が一層小さくなる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施の形態を用いて説明する。

【0033】（実施の形態1）まず、本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置について、図1乃至図6を参照して説明する。図1は、本実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【0034】本実施の形態による投射型表示装置では、キセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライドランプ等のランプ3と該ランプ3の背面に配設された楕円鏡あるいは球面鏡からなる凹面鏡2とから構成される光源から出射された白色光は、図示しない紫外線カットフィルタ及び赤外線カットフィルタを通り、整形光学系4によって略平行光に整形され、偏光ビームスプリッタ（PBS）5に入射される。該偏光ビームスプリッタ5の偏光分離部5'によって偏光分離され透過したP偏光光は廃棄され、偏光分離部5'により偏光分離され反射されたS偏光光は、X軸方向に進み、色分解光学系を構成する2つのダイクロイックミラー6、7によってR、G、Bの3原色の光に色分解される。ダイクロイックミラー6は青色光（B）を反射し、赤色光（R）及び緑色光（G）を透過させる。ダイクロイックミラー7は赤色光を反射し、緑色光を透過させる。

【0035】青色反射ダイクロイックミラー6及び赤色反射ダイクロイックミラー7は、それらの法線が共にXY平面内においてX軸に対して略30度傾くように互いに平行に配置されている。偏光ビームスプリッタ5にて偏光分離されたS偏光光のうちの青色光は、ダイクロイックミラー6により反射の法線にて反射され（すなわち、XY平面内においてX軸に対して略60度の角度で反射され）、位相差変調型の青色用空間光変調素子1Bに読み出し光として略垂直に入射する。ダイクロイックミラー6を透過した光のうちの赤色光は、ダイクロイックミラー7に入射し、該ダイクロイックミラー7により反射の法線にて反射され（すなわち、XY平面内においてX軸に対して略60度の角度で反射され）、位相差変調型の赤色用空間光変調素子1Rに読み出し光として略垂直に入射する。ダイクロイックミラー7を透過した緑色光は、X軸方向に進み、そのまま位相差変調型の緑色

用空間光変調素子1Gに読み出し光として略垂直に入射する。

【0036】ここで、空間光変調素子1B、1R、1Gの具体例について、図2を用いて説明する。図2は空間光変調素子1Bを示す断面図である。空間光変調素子1Bは、図2に示すように、図2中の左側（書き込み光側）から順に配置された、透明ガラス基板11、透明導電体（ITO）膜12、水素化非晶質シリコン膜からなる光導電体膜13、CdTe膜からなる遮光層14、誘電体多層膜ミラー層15、液晶配向層16、TN液晶層17、液晶配向層18、スペーサ層19、透明導電体（ITO）膜20及び透明ガラス基板21から構成されている。なお、図2において各要素の厚み等の寸法は、実際の寸法に比例していないことをつけ加えておく。ITO膜12、20間には電源80によって交流電圧が常時印加されている。書き込み光が存在しないときは、光導電体層13のインピーダンスは高く、そのために液晶層17には電圧はほとんど印加されず、液晶層17中の液晶分子は配向層16、18の配向処理に従い配向し捻れ構造を成している。空間光変調素子1Bに右側から入射したS偏光光（入射読み出し光）は、液晶分子の配向に従い旋光して進入し、ミラー層15にて反射されて逆方向に旋光され、結局、入射光と同じS偏光光として出射される。一方、書き込み光が図2中の左側から入射しているときは、該入射光により光導電体膜13のインピーダンスが低下し、電圧が液晶層17に印加されることになり、印加される電界によって液晶層17中の液晶分子が電界方向に配列する。液晶層17の厚みは液晶分子が配列したときに入射光に対し1/4波長板として作用するように作製されており、入射したS偏光光は円偏光となってミラー層15に入射して反射され、再度液晶層17を逆方向に通過することによりP偏光光として出射される。遮光層14は、入射読み出し光のうち誘電体ミラー層15の通過光を吸収し、隣りの光導電体層13に悪い影響を与えないために存在する。

【0037】実際の映像の場合には、書き込み光は空間光変調素子1Bに部分的に入射されることになり、該空間光変調素子1Bの書き込み光入射部分に対応する光導電体層13の部分のインピーダンスが変化し、その部分のみ液晶分子が電界により配列する。その結果、書き込み光が入射した箇所でのみ読み出し光はP偏光光になって反射出射され、書き込み光のない他の箇所に入射する読み出し光はS偏光光のまま出射される。以上が、空間光変調素子1Bの機能である。空間光変調素子1R、1Gも空間光変調素子1Bと基本構造は同じであり、空間光変調素子1R、1Gの場合には、誘電体多層膜ミラー層15が赤色用、緑色用にそれぞれ作製されている点と液晶層の厚みが異なるのみである。

【0038】なお、以上説明した例では、空間光変調素子1B、1R、1Gが光書き込み型として構成されてい

るので、図面には示していないが書き込み光源となるCRT等が用いられる。もっとも、空間光変調素子1B, 1R, 1Gとして、いわゆる電気書き込み型のものを採用してもよい。また、前述の例では、空間光変調素子1B, 1R, 1Gはいわゆる反射型となっているが、本発明では、位相差変調型の空間光変調素子として、いわゆる透過型のものを採用してもよい。

【0039】各空間光変調素子1B, 1R, 1Gにて変調され反射された各色の変調光(S偏光光とP偏光光とが混ざった光)は、入射時と逆方向に進行し、前記2つのダイクロイックミラー6, 7にて色合成され、偏光ビームスプリッタ5に再度入射する。すなわち、空間光変調素子1Gからの変調光はX軸方向に進んでダイクロイックミラー7に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー7を透過し、空間光変調素子1Rからの変調光はXY平面内においてX軸に対して略60度の方角に進んでダイクロイックミラー7に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー7により反射され、空間光変調素子1Gからの変調光と空間光変調素子1Bからの変調光とが2色合成され、この2色合成光がX軸方向に進んでダイクロイックミラー6に対して入射角略30度で入射する。一方、空間光変調素子1Bからの変調光は、XY平面内においてX軸に対して略60度の方角に進んでダイクロイックミラー6に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー6により反射される。これにより、前記2色合成光と空間光変調素子1Bからの変調光とが合成され、結局、空間光変調素子1G, 1R, 1Bからの変調光が3色合成される。この3色合成された光は、X軸方向に進んで偏光ビームスプリッタ5に再度入射する。

【0040】偏光ビームスプリッタ5に入射した前記3色合成された光は、偏光分離部5'にて偏光分離され(すなわち、検光され)、色合成された光のP偏光成分のみが、偏光ビームスプリッタ5を透過し、投射光学系8にてスクリーン9上に投射される。なお、本実施の形態では、以上の説明からわかるように、ダイクロイックミラー6, 7は色合成光学系も兼用している。

【0041】各空間光変調素子1G, 1R, 1Bからの各色の変調光について見てみると、空間光変調素子1Rからの変調光は、ダイクロイックミラー7により反射され、ダイクロイックミラー6を透過した後に投射光学系8にてスクリーン9上に投射される。空間光変調素子1Gからの変調光は、2つのダイクロイックミラー7, 6を透過する。空間光変調素子1Bからの変調光は、ダイクロイックミラー6にて反射されるのみでいずれのダイクロイックミラー6, 7も透過しない。

【0042】図3は、空間光変調素子1Rの1点から出射された光束のうちの、子午的光束と球欠的光束がダイクロイックミラー6を所定の入射角で入射して透過し、投射光学系8でスクリーン9上に投射されたときの非点

収差発生の様子を定性的に示した斜視図である。なお、図3では、図1中のダイクロイックミラー7や偏光ビームスプリッタ5などを省略するなどして簡略化して模式的に示している。図4は図3と同じ状況の非点収差発生の様子を定性的に示す断面図であり、図4(a)は子午的光束の結像状態を示すXY断面図、図4(b)は球欠的光束の結像状態を示すXZ断面図である。これらの図面から、球欠的光束はダイクロイックミラー6に垂直に入射するのに対し、子午的光束は所定の入射角を所有して入射するため、両光束間に光路長差が発生することが理解できる。そして、図3及び図4から、空間光変調素子1Rからの変調光のダイクロイックミラー6への入射角が小さくなるに従って子午的光束と球欠的光束との間の光路長差が小さくなることが理解できる。したがって、この入射角を従来の入射角45度より小さくして45度未満に設定することにより、子午的光束と球欠的光束との間の光路長差を従来に比べて小さくすることができる。既に説明したように入射角を0度にすれば確かに両光路長差はなくなるが、非現実的であり実現は不可能である。本実施の形態では、この入射角を30度に設定しており、従来の入射角45度より小さく設定している。これにより本実施の形態では、従来に比べて前記光路長差が小さくなり、その結果、非点収差が小さくなってシャープな投射像を得ることができる。以上、空間光変調素子1Rからの赤色の変調光に関して説明したが、空間光変調素子1Gからの緑色の変調光に関しても同様である。ただし、空間光変調素子1Gからの変調光は、前述したように2つのダイクロイックミラー7, 6を透過するので、それぞれのミラー7, 6の透過において、子午的光束と球欠的光束との間の光路長差が小さくなることになり、その結果、その相乗作用で投射像の非点収差が小さくなる。なお、本発明では、前記入射角は45度未満に設定すればよいが、光学素子の実際の配置上の制約を考慮するとともに従来に比べて比較的顕著な非点収差低減効果を得るためには、前記入射角を20度乃至43度の範囲の角度に設定することが好ましく、前記入射角を25度乃至35度の範囲の角度に設定することが一層好ましい。

【0043】ここで、図5及び図6に、ダイクロイックミラーにそれぞれ入射角30度及び45度で光を入射したときのMTF (Modulation Transfer function) 曲線をそれぞれ示す。図5及び図6では、空間周波数は0.5mm/本の場合であり、実線はM方向(子午的光束)、破線はS方向(球欠的光束)のMTF値を示す。図5及び図6中の横軸は画像位置、縦軸はMTF値を示す。図5及び図6から、入射角30度と45度での子午的光束と球欠的光束との光路長差、すなわち非点収差は、入射角30度の方が広い画像位置において小さいことが示されている。

【0044】(実施の形態2)次に、本発明の第2の実

施の形態による投射型表示装置について、図7を参照して説明する。図7は、本実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【0045】本実施の形態による投射型表示装置においても、光源は、例えばキセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライドランプ等のランプ23と該ランプ23の背後に配設された楕円鏡または球面鏡からなる凹面鏡22とからなり、該光源から出射された白色光は、図示しない赤外光カットフィルタ、紫外カットフィルタを経由して整形光学系24にて略平行光に整形され、偏光ビームスプリッタ25に入射される。該偏光ビームスプリッタ25の偏光分離部25'によって偏光分離され透過したP偏光光は廃棄され、偏光分離部25'により偏光分離され反射されたS偏光光は、X軸方向に進み、色分解光学系を構成する2つのダイクロイックミラー26、27にてR、G、Bの3原色の光に色分解される。ダイクロイックミラー26は青色光を反射し、赤色光及び緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー27は赤色光を反射し、緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー26、27は、前述したダイクロイックミラー6、7と同様に構成されている。

【0046】青色反射ダイクロイックミラー26は、その法線がXY平面内においてX軸に対して略45度傾くように配置されている。一方、赤色反射ダイクロイックミラー27は、その法線がXZ平面内においてX軸方向に対して略45度傾くように配置されている。偏光ビームスプリッタ25にて偏光分離されたS偏光光のうちの青色光は、ダイクロイックミラー26により反射の法則にて反射されてY軸方向に進み、青色用空間光変調素子21Bに読み出し光として略垂直に入射する。ダイクロイックミラー26を透過した光のうちの赤色光は、ダイクロイックミラー27に入射し、該ダイクロイックミラー27により反射の法則にて反射されてZ軸方向に進み、赤色用空間光変調素子21Rに読み出し光として略垂直に入射する。ダイクロイックミラー27を透過した緑色光は、X軸方向に進み、そのまま緑色用空間光変調素子21Gに読み出し光として略垂直に入射する。

【0047】各空間光変調素子21B、21R、21Gにて変調され反射された各色の変調光(S偏光光とP偏光光とが混ざった光)は、入射時と逆方向に進行し、前記2つのダイクロイックミラー26、27にて色合成され、偏光ビームスプリッタ25に再度入射する。すなわち、空間光変調素子21Gからの変調光はX軸方向に進んでダイクロイックミラー27に対して入射角略45度で入射してダイクロイックミラー27を透過し、空間光変調素子21Rからの変調光はZ軸方向に進んでダイクロイックミラー27に対して入射角略45度で入射してダイクロイックミラー27により反射され、空間光変調素子21Gからの変調光と空間光変調素子21Rからの変調光とが2色合成され、この2色合成光がX軸方向に

進んでダイクロイックミラー26に対して入射角略45度で入射する。一方、空間光変調素子21Bからの変調光は、Y軸方向に進んでダイクロイックミラー26に対して入射角略45度で入射してダイクロイックミラー26により反射される。これにより、前記2色合成光と空間光変調素子21Bからの変調光とが合成され、結局空間光変調素子21G、21R、21Bからの変調光が3色合成される。この3色合成された光は、X軸方向に進んで偏光ビームスプリッタ25に再度入射する。

【0048】偏光ビームスプリッタ25に入射した前記3色合成された光は、偏光分離部25'にて偏光分離され(すなわち、検光され)、色合成された光のP偏光成分のみが、偏光ビームスプリッタ25を透過し、投射光学系28にてスクリーン29上に投射される。なお、本実施の形態では、以上の説明からわかるように、ダイクロイックミラー26、27は色合成光学系も兼用している。

【0049】本実施の形態では、空間光変調素子21Rからの赤色変調光は、1つのダイクロイックミラー26のみを透過し、ダイクロイックミラー26に対して入射角45度で入射するので、空間光変調素子21Rからの赤色変調光に関する非点収差は、図12に示す従来の投射型表示装置と同程度となる。しかし、前述した説明からわかるように、本実施の形態では、従来と異なり、3つの空間光変調素子21G、21R、21Bからの各色の変調光のうち、2つのダイクロイックミラー27、26を透過する変調光(空間光変調素子21Gからの緑色変調光)は、当該緑色変調光の光軸(X軸)と当該透過する2つのダイクロイックミラー27、26の法線の各々がなす各平面(XZ平面とXY平面)が互いに異なり互いに略90度の角度をなすように、当該透過する2つのダイクロイックミラー27、26に入射する。このため、緑色変調光に関しては、それぞれのダイクロイックミラー27、26において子午的光束と球欠的光束の関係が異なるので、緑色変調光の各ダイクロイックミラー27、26で発生する子午的光束と球欠的光束との間の光路長差の累積の程度が小さくなり、投射像の非点収差が小さくなり、シャープな投射像を得ることができる。特に、本実施の形態では、緑色変調光の光軸(X軸)と当該透過する2つのダイクロイックミラー27、26の法線の各々がなす各平面(XZ平面とXY平面)が互いに略90度の角度をなしているので、緑色変調光に関しては、それぞれのダイクロイックミラー27、26において子午的光束と球欠的光束の関係が完全に逆転することから、各ダイクロイックミラー27、26で発生する子午的光束と球欠的光束との間の光路長差が相補されることになり、結果として非点収差が非常に小さくなり、好ましい。もっとも、本発明では必ずしも前記各平面が互いに略90度の角度をなすようにする必要はなく、前記各平面の方向が互いに異なればよく、そ

れにより各平面の方向が同一であった従来技術に比べて非点収差を小さくすることができる。ただし、従来に比べて比較的顕著な非点収差低減効果を得るためには、前記各平面の方向が45度乃至90度の範囲の角度をなすようにすることが好ましい。

【0050】(実施の形態3)次に、本発明の第3の実施の形態による投射型表示装置について、図8を参照して説明する。図8は、本実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【0051】本実施の形態による投射型表示装置においても、光源は、例えばキセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライドランプ等のランプ33と該ランプ33の背後に配設された楕円鏡または球面鏡からなる凹面鏡32とからなり、該光源から出射された白色光は、図示しない赤外光カットフィルタ、紫外カットフィルタを経由して整形光学系34にて略平行光に整形され、偏光ビームスプリッタ35に入射される。該偏光ビームスプリッタ35の偏光分離部35'によって偏光分離され透過したP偏光光は廃棄され、偏光分離部35'により偏光分離され反射されたS偏光光は、X軸方向に進み、色分解光学系を構成する2つのダイクロイックミラー36、37にてR、G、Bの3原色の光に色分解される。ダイクロイックミラー36は青色光を反射し、赤色光及び緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー37は赤色光を反射し、緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー36、37は、前述したダイクロイックミラー6、7と同様に構成されている。

【0052】青色反射ダイクロイックミラー36は、その法線がXY平面内においてX軸に対して略30度傾くように配置されている。一方、赤色反射ダイクロイックミラー37は、その法線がXZ平面内においてX軸方向に対して略30度傾くように配置されている。偏光ビームスプリッタ35にて偏光分離されたS偏光光のうちの青色光は、ダイクロイックミラー36により反射の法線にて反射され(すなわち、XY平面内においてX軸に対して略60度の角度で反射され)、青色用空間光変調素子31Bに読み出し光として略垂直に入射する。ダイクロイックミラー36を透過した光のうちの赤色光は、ダイクロイックミラー37に入射し、該ダイクロイックミラー37により反射の法線にて反射され(すなわち、XZ平面内においてX軸に対して略60度の角度で反射され)、赤色用空間光変調素子31Rに読み出し光として略垂直に入射する。ダイクロイックミラー37を透過した緑色光は、X軸方向に進み、そのまま緑色用空間光変調素子31Gに読み出し光として略垂直に入射する。

【0053】各空間光変調素子31B、31R、31Gにて変調され反射された各色の変調光(S偏光光とP偏光光とが混ざった光)は、入射時と逆方向に進行し、前記2つのダイクロイックミラー36、37にて色合成され、偏光ビームスプリッタ35に再度入射する。すなわ

ち、空間光変調素子31Gからの変調光はX軸方向に進んでダイクロイックミラー37に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー37を透過し、空間光変調素子31Rからの変調光はXZ平面内を進んでダイクロイックミラー37に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー37により反射され、空間光変調素子31Gからの変調光と空間光変調素子31Rからの変調光とが2色合成され、この2色合成光がX軸方向に進んでダイクロイックミラー36に対して入射角略30度で入射する。一方、空間光変調素子31Bからの変調光は、XY平面内を進んでダイクロイックミラー36に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー36により反射される。これにより、前記2色合成光と空間光変調素子31Bからの変調光とが合成され、結局空間光変調素子31G、31R、31Bからの変調光が3色合成される。この3色合成された光は、X軸方向に進んで偏光ビームスプリッタ35に再度入射する。

【0054】偏光ビームスプリッタ35に入射した前記3色合成された光は、偏光分離部35'にて偏光分離され(すなわち、検光され)、色合成された光のP偏光成分のみが、偏光ビームスプリッタ35を透過し、投射光学系38にてスクリーン39上に投射される。なお、本実施の形態では、以上の説明からわかるように、ダイクロイックミラー36、37は色合成光学系も兼用している。

【0055】以上の説明からわかるように、本実施の形態では、前記第1の実施の形態と同様に、2つのダイクロイックミラー37、36を透過する空間光変調素子31Gからの緑色変調光は、ダイクロイックミラー37、36にそれぞれ入射角略30度で入射し、ダイクロイックミラー36を透過する空間光変調素子31Rからの赤色変調光は、ダイクロイックミラー36に入射角略30度で入射する。また、本実施の形態では、前記第2の実施の形態と同様に、2つのダイクロイックミラー37、36を透過する空間光変調素子31Gからの緑色変調光は、当該緑色変調光の光軸(X軸)と当該透過する2つのダイクロイックミラー37、36の法線の各々となす各平面(XZ平面とXY平面)が互いに異なり互いに略90度の角度をなすように、当該透過する2つのダイクロイックミラー37、36に入射する。

【0056】したがって、本実施の形態によれば、前記第1の実施の形態と同様の理由で緑色変調光及び赤色変調光に関する非点収差が小さくなると同時に、前記第2の実施の形態と同様の理由で緑色変調光に関する投射像の非点収差が小さくなる。このため、本実施の形態によれば、前記第1及び第2の実施の形態に比べて投射像の非点収差が一層小さくなり、一層シャープな投射像を得ることができる。

【0057】以上説明した第1乃至第3の実施の形態による投射型表示装置は、光源からの光を偏光分離し、偏

光分離された1つの偏光光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光を色合成し、色合成された光を検光し、検光された光を投射する投射型表示装置であった。以下に、前記第1乃至第3の実施の形態による投射型表示装置とそれぞれ同様の原理に従って投射像の非点収差を小さくすることができる投射型表示装置であって、光源からの光を3原色の光に色分解し、色分解された各色の光をそれぞれ偏光分離し、偏光分離された各色の一方の偏光光を各色に対応して設けられた3つの空間光変調素子にそれぞれ入射させ、該3つの空間光変調素子にて変調された各色の変調光をそれぞれ検光し、検光された各色の光を色合成し、色合成された光を投射する投射型表示装置に本発明を適用した3つの例を、本発明の第4乃至第6の態様として説明する。

【0058】(実施の形態4)次に、本発明の第4の実施の形態による投射型表示装置について、図9を参照して説明する。図9は、本実施の形態による投射型表示装置の要部を模式的に示す斜視構成図である。

【0059】前記本実施の形態による投射型表示装置では、図面には示していないが、光源は例えばキセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライドランプ等のランプと該ランプの背後に配設された楕円鏡または球面鏡からなる凹面鏡とからなり、該光源から出射された白色光は赤外光カットフィルタ、紫外光カットフィルタを経由して整形光学系にて略平行光に整形され、色分解光学系にて3原色の光(ランダム偏光光)に色分解され、各色の光がそれぞれ同一平面内において平行な方向に進んで、各色に対応して設けられた3つの偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bにそれぞれ入射される。なお、前記色分解光学系としては、任意の構成を採用することができ、例えば、2つのダイクロイックミラーを図12に示すように配置したもの、2つのダイクロイックミラーを図13に示すようにX型に配置したもの、2つのダイクロイックプリズムで構成されたもの、クロスダイクロイックプリズムで構成されたものなどを採用することができる。なお、本実施の形態では、色分解された各色の光が同一平面内において平行な方向に進むように、必要に応じてミラー等を用いる。図9に示すG光(緑色光)、R光(赤色光)、B光(青色光)は、以上のように、同一平面内において平行な方向に進む略平行光で、全てランダム偏光光である。

【0060】色分解された各色光は、それぞれ各色に対応して設けられた3つの偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bに入射される。各偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bの偏光分離部42G'、42R'、42B'にて偏光分離され透過した各色のP偏光光は廃棄され、偏光分離部42G'、42R'、42B'にて偏光分離され反射された各色のS偏光光は、各

色用の空間光変調素子41G、41R、41Bに読み出し光としてそれぞれ略垂直に入射される。

【0061】各空間光変調素子41G、41R、41Bにおいてそれぞれ変調され反射された各色の変調光(S偏光光とP偏光光とが混ざった光)は、入射時と逆方向に進行し、各偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bに再度入射する。各偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bに入射した各色の変調光は、偏光分離部42G'、42R'、42B'にてそれぞれ偏光分離され(すなわち、検光され)、各色の変調光のP偏光成分のみが偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bをそれぞれ透過し、XZ平面内においてX軸方向に対して略60度の方向にそれぞれ進行し、各色に対応して設けられ色合成光学系を構成する3つのダイクロイックミラー43、44、45にそれぞれ入射され、該ダイクロイックミラー43、44、45により色合成される。

【0062】ダイクロイックミラー43は緑色光を反射する。ダイクロイックミラー44は、赤色光を反射し、緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー45は、青色光を反射し、緑色光及び赤色光を透過させる。なお、ダイクロイックミラー43は、ダイクロイック特性を有しない通常のミラーに代えてもよい。

【0063】ダイクロイックミラー43、44、45は、それらの法線が共にXZ平面内においてX軸に対して略30度傾くように互いに平行に配置されている。偏光ビームスプリッタ42Gにより検光された緑色変調光は、ダイクロイックミラー43で反射の法則にて反射されてX軸方向に進み、ダイクロイックミラー44に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー44を透過し、偏光ビームスプリッタ42Rにより検光された赤色変調光は、ダイクロイックミラー44に入射角略30度で入射してダイクロイックミラー44により反射され、これらの検光された緑色変調光と赤色変調光とが2色合成され、この2色合成光がX軸方向に進んでダイクロイックミラー45に対して入射角略30度で入射する。一方、偏光ビームスプリッタ42Bにより検光された青色変調光は、ダイクロイックミラー45に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー45により反射される。これにより、結局、偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bによりそれぞれ検光された各色の変調光が3色合成される。この3色合成された光は、投射光学系46にてスクリーン47上に投射される。

【0064】なお、本実施の形態においても、前述した第1乃至第3の実施の形態と同様に、各空間光変調素子41G、41R、41Bは投射光学系46に対し、スクリーン47上で共役関係にあるため、各空間光変調素子41G、41R、41Bとスクリーン47までの光路長はそれぞれ略等しい。

【0065】以上の説明からわかるように、本実施の形

態では、前記第1の実施の形態と同様に、2つのダイクロイックミラー44、45を透過する空間光変調素子41Gからの緑色変調光は、ダイクロイックミラー44、45にそれぞれ入射角略30度で入射し、ダイクロイックミラー45を透過する空間光変調素子11Rからの赤色変調光は、ダイクロイックミラー45に入射角略30度で入射する。したがって、前記第1の実施の形態と同様の理由で緑色変調光及び赤色変調光に関する非点収差が小さくなる。ただし、本実施の形態では、前記第1の実施の形態と異なり、ダイクロイックミラー43、44、45と投射光学系47との間に偏光ビームスプリッタが存在しないため、ダイクロイックミラー44、45に対する透過光の入射角を小さくすることによる子午的光束と球欠的光束の光路長差に起因する非点収差の低減効果は、より顕著になる。

【0066】なお、本実施の形態においては3色分離されたR、G、B光は略平行になって各偏光ビームスプリッタ42G、42R、42Bに入射させているが、G光は、ダイクロイックミラー43を使用せずに、偏光ビームスプリッタ42Gからの出射光がX軸方向に進んでダイクロイックミラー44に30度の入射角にて入射するように、偏光ビームスプリッタ42Gに直接入射させてもよい。

【0067】(実施の形態5)次に、本発明の第5の実施の形態による投射型表示装置について、図10を参照して説明する。図10は、本実施の形態による投射型表示装置の要部を模式的に示す斜視構成図である。

【0068】前記本実施の形態による投射型表示装置では、図面には示していないが、光源は例えばキセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライドランプ等のランプと該ランプの背後に配設された楕円鏡または球面鏡からなる凹面鏡とからなり、該光源から出射された白色光は赤外光カットフィルタ、紫外カットフィルタを経由して整形光学系にて略平行光に整形され、色分解光学系にて3原色の光(ランダム偏光光)に色分解され、各色に対応して設けられた3つの偏光ビームスプリッタ52G、52R、52Bにそれぞれ入射される。なお、前記色分解光学系としては、前記第4の実施の形態と同様に、任意の構成を採用することができる。なお、本実施の形態では、色分解された各色の光が所定方向に進むように、必要に応じてミラー等を用いる。図10に示すG光(緑色光)、R光(赤色光)、B光(青色光)は、以上のように、全てランダム偏光光である。

【0069】色分解された各色光は、それぞれ各色に対応して設けられた3つの偏光ビームスプリッタ52G、52R、52Bに入射される。各偏光ビームスプリッタ52G、52R、52Bの偏光分離部52G'、52R'、52B'にて偏光分離され透過した各色のP偏光光は廃棄され、偏光分離部52G'、52R'、52B'にて偏光分離され反射された各色のS偏光光は、各

色用空間光変調素子51G、51R、51Bに読み出し光としてそれぞれ略垂直に入射される。

【0070】各空間光変調素子51G、51R、51Bにおいてそれぞれ変調され反射された各色の変調光(S偏光光とP偏光光とが混ざった光)は、入射時と逆方向に進行し、各偏光ビームスプリッタ52G、52R、52Bに再度入射する。各偏光ビームスプリッタ52G、52R、52Bに入射した各色の変調光は、偏光分離部52G'、52R'、52B'にてそれぞれ偏光分離され(すなわち、検光され)、各色の変調光のP偏光成分のみが偏光ビームスプリッタ52G、52R、52Bをそれぞれ透過する。偏光ビームスプリッタ52G、52Bを透過した緑色及び青色の変調光のP偏光成分はZ軸方向に互いに平行にそれぞれ進行し、偏光ビームスプリッタ52Rを透過した赤色変調光のP偏光成分はY軸方向に進行し、各色に対応して設けられ色合成光学系を構成する3つのダイクロイックミラー53、54、55にそれぞれ入射され、該ダイクロイックミラー53、54、55により色合成される。

【0071】ダイクロイックミラー53は緑色光を反射する。ダイクロイックミラー54は、赤色光を反射し、緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー55は、青色光を反射し、緑色光及び赤色光を透過させる。なお、ダイクロイックミラー43は、ダイクロイック特性を有しない通常のミラーに代えてもよい。

【0072】ダイクロイックミラー53、55は、それらの法線が共にXZ平面内においてX軸に対して略45度傾くように互いに平行に配置されている。ダイクロイックミラー54は、その法線がXY平面内においてX軸に対して略45度傾くように配置されている。偏光ビームスプリッタ52Gにより検光された緑色変調光は、ダイクロイックミラー53で反射の法則にて反射されてX軸方向に進み、ダイクロイックミラー54に対して入射角略45度で入射してダイクロイックミラー54を透過し、偏光ビームスプリッタ52Rにより検光された赤色変調光は、ダイクロイックミラー54に入射角略45度で入射してダイクロイックミラー54により反射され、これらの検光された緑色変調光と赤色変調光とが2色合成され、この2色合成光がX軸方向に進んでダイクロイックミラー55に対して入射角略45度で入射する。一方、偏光ビームスプリッタ52Bにより検光された青色変調光は、ダイクロイックミラー55に対して入射角略45度で入射してダイクロイックミラー55により反射される。これにより、結局、偏光ビームスプリッタ52G、52R、52Bによりそれぞれ検光された各色の変調光が3色合成される。この3色合成された光は、投射光学系56にてスクリーン57上に投射される。

【0073】以上の説明からわかるように、本実施の形態では、前記第2の実施の形態と同様に、2つのダイクロイックミラー54、55を透過する空間光変調素子5

1 Gからの緑色変調光は、当該緑色変調光の光軸（X軸）と当該透過する2つのダイクロイックミラー54、55の法線の各々とがなす各平面（XY平面とXZ平面）が互いに異なり互いに略90度の角度をなすように、当該透過する2つのダイクロイックミラー54、55に入射する。したがって、本実施の形態によれば、前記第2の実施の形態と同様の理由で緑色変調光に関する投射像の非点収差が小さくなる。

【0074】なお、本実施の形態においても、偏光ビームスプリッタ52 Gからの出射光は、ダイクロイックミラー53を使用せずに、直接X軸方向に出射させてもよい。

【0075】（実施の形態6）次に、本発明の第6の実施の形態による投射型表示装置について、図11を参照して説明する。図11は、本実施の形態による投射型表示装置の要部を模式的に示す斜視構成図である。

【0076】前記本実施の形態による投射型表示装置では、図面には示していないが、光源は例えばキセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライドランプ等のランプと該ランプの背後に配設された楕円鏡または球面鏡からなる凹面鏡とからなり、該光源から出射された白色光は赤外光カットフィルタ、紫外カットフィルタを経由して整形光学系にて略平行光に整形され、色分解光学系にて3原色の光（ランダム偏光光）に色分解され、各色に対応して設けられた3つの偏光ビームスプリッタ62 G、62 R、62 Bにそれぞれ入射される。なお、前記色分解光学系としては、前記第4の実施の形態と同様に、任意の構成を採用することができる。なお、本実施の形態では、色分解された各色の光が所定方向に進むように、必要に応じてミラー等を用いる。図11に示すG光（緑色光）、R光（赤色光）、B光（青色光）は、以上のように、全てランダム偏光光である。

【0077】色分解された各色光は、それぞれ各色に対応して設けられた3つの偏光ビームスプリッタ62 G、62 R、62 Bに入射される。各偏光ビームスプリッタ62 G、62 R、62 Bの偏光分離部62 G'、62 R'、62 B'にて偏光分離され透過した各色のP偏光光は廃棄され、偏光分離部62 G'、62 R'、62 B'にて偏光分離され反射された各色のS偏光光は、各色用空間光変調素子61 G、61 R、61 Bに読み出し光としてそれぞれ略垂直に入射される。

【0078】各空間光変調素子61 G、61 R、61 Bにおいてそれぞれ変調され反射された各色の変調光（S偏光光とP偏光光とが混ざった光）は、入射時と逆方向に進行し、各偏光ビームスプリッタ62 G、62 R、62 Bに再度入射する。各偏光ビームスプリッタ62 G、62 R、62 Bに入射した各色の変調光は、偏光分離部62 G'、62 R'、62 B'にてそれぞれ偏光分離され（すなわち、検光され）、各色の変調光のP偏光成分のみが偏光ビームスプリッタ62 G、62 R、62 Bを

それぞれ透過する。偏光ビームスプリッタ62 G、62 Bを透過した緑色及び青色の変調光のP偏光成分はXZ平面内においてX軸に対して略60度の角度でそれぞれ進行し、偏光ビームスプリッタ62 Rを透過した赤色変調光のP偏光成分はXY平面内においてX軸に対して略60度の角度で進行し、各色に対応して設けられ色合成光学系を構成する3つのダイクロイックミラー63、64、65にそれぞれ入射され、該ダイクロイックミラー63、64、65により色合成される。

【0079】ダイクロイックミラー63は緑色光を反射する。ダイクロイックミラー64は、赤色光を反射し、緑色光を透過させる。ダイクロイックミラー65は、青色光を反射し、緑色光及び赤色光を透過させる。なお、ダイクロイックミラー63は、ダイクロイック特性を有しない通常のミラーに代えてもよい。

【0080】ダイクロイックミラー63、65は、それらの法線が共にXZ平面内においてX軸に対して略30度傾くように互いに平行に配置されている。ダイクロイックミラー64は、その法線がXY平面内においてX軸に対して略30度傾くように配置されている。偏光ビームスプリッタ62 Gにより検光された緑色変調光は、ダイクロイックミラー63で反射の法則にて反射されてX軸方向に進み、ダイクロイックミラー64に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー64を透過し、偏光ビームスプリッタ62 Rにより検光された赤色変調光は、ダイクロイックミラー64に入射角略30度で入射してダイクロイックミラー64により反射され、これらの検光された緑色変調光と赤色変調光とが2色合成され、この2色合成光がX軸方向に進んでダイクロイックミラー65に対して入射角略30度で入射する。一方、偏光ビームスプリッタ62 Bにより検光された青色変調光は、ダイクロイックミラー65に対して入射角略30度で入射してダイクロイックミラー65により反射される。これにより、結局、偏光ビームスプリッタ62 G、62 R、62 Bによりそれぞれ検光された各色の変調光が3色合成される。この3色合成された光は、投射光学系66にてスクリーン67上に投射される。

【0081】以上の説明からわかるように、本実施の形態では、前記第1及び第4の実施の形態と同様に、2つのダイクロイックミラー64、65を透過する空間光変調素子31 Gからの緑色変調光は、ダイクロイックミラー64、65にそれぞれ入射角略30度で入射し、ダイクロイックミラー64を透過する空間光変調素子61 Rからの赤色変調光は、ダイクロイックミラー65に入射角略30度で入射する。また、本実施の形態では、前記第2及び第5の実施の形態と同様に、2つのダイクロイックミラー64、65を透過する空間光変調素子61 Gからの緑色変調光は、当該緑色変調光の光軸（X軸）と当該透過する2つのダイクロイックミラー64、65の法線の各々とがなす各平面（XZ平面とXY平面）が互

いに異なり互いに略90度の角度をなすように、当該透過する2つのダイクロイックミラー64、65に入射する。

【0082】したがって、本実施の形態によれば、前記第3の実施の形態と同様に、前記第1及び第4の実施の形態と同様の理由で緑色変調光及び赤色変調光に関する非点収差が小さくなると同時に、前記第2及び第5の実施の形態と同様の理由で緑色変調光に関する投射像の非点収差が小さくなる。このため、本実施の形態によれば、前記第3の実施の形態と同様に、前記第4及び第5の実施の形態に比べて投射像の非点収差が一層小さくなり、一層シャープな投射像を得ることができる。

【0083】なお、本実施の形態においても、偏光ビームスプリッタ62Gからの出射光は、ダイクロイックミラー63を使用せずに、直接X軸方向に出射させてもよい。

【0084】以上、本発明の各実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、投射像の非点収差が小さくなり、シャープな投射像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【図2】空間光変調素子の一例を示す断面図である。

【図3】非点収差発生の様子を定性的に示す簡略化した斜視図である。

【図4】非点収差発生の様子を定性的に示す簡略化した断面図であり、(a)は子午的光束の結像状態を示すXY断面図、(b)は球欠的光束の結像状態を示すXZ断面図である。

【図5】ダイクロイックミラーに入射角30度で光を入射したときのMTF曲線である。

【図6】ダイクロイックミラーに入射角45度で光を入射したときのMTF曲線である。

【図7】本発明の第2の実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【図9】本発明の第4の実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【図10】本発明の第5の実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【図11】本発明の第6の実施の形態による投射型表示装置を模式的に示す斜視構成図である。

【図12】従来の投射型表示装置の一例を模式的に示す斜視構成図である。

【図13】従来の投射型表示装置の他の例を模式的に示す斜視構成図である。

【図14】従来の投射型表示装置の更に他の例を模式的に示す斜視構成図である。

【符号の説明】

1B, 21B, 31B, 41B, 51B, 61B 青色用空間光変調素子

1R, 21R, 31R, 41R, 51R, 61R 赤色用空間光変調素子

1G, 21G, 31G, 41G, 51G, 61G 緑色用空間光変調素子

2, 22, 32 光源用凹面鏡

3, 23, 33 光源用ランプ

4, 24, 34 整形光学系

5, 25, 35 偏光ビームスプリッタ

5', 25', 35' 偏光ビームスプリッタの偏光分離部

7, 27, 37, 44, 54, 64 赤色光反射ダイクロイックミラー

6, 26, 36, 45, 55, 65 青色光反射ダイクロイックミラー

8, 28, 38, 46, 56, 66 投射光学系

9, 29, 39, 47, 57, 67 スクリーン

11, 21 透明基板

12, 20 透明導電体膜

13 光導電体膜

14 遮光層

15 誘電体反射ミラー層

16, 18 液晶配向層

17 液晶層

19 スペーサ

41G, 51G, 61G 緑色光用空間光変調素子

41R, 51R, 61R 赤色光用空間光変調素子

41B, 51B, 61B 青色光用空間光変調素子

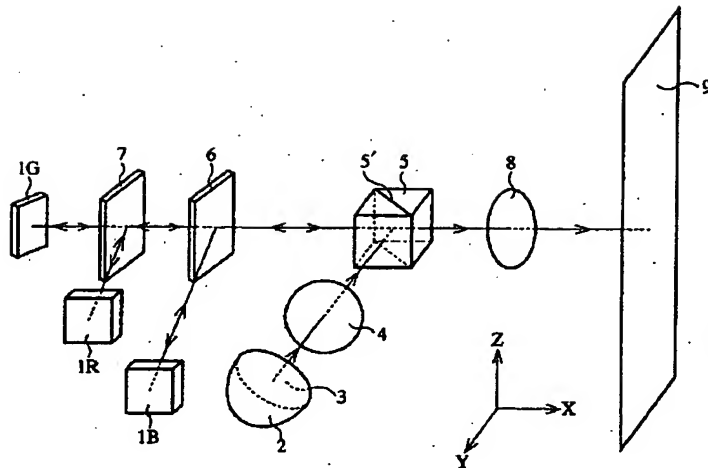
42G, 52G, 62G 緑色光用偏光ビームスプリッタ

42R, 52R, 62R 赤色光用偏光ビームスプリッタ

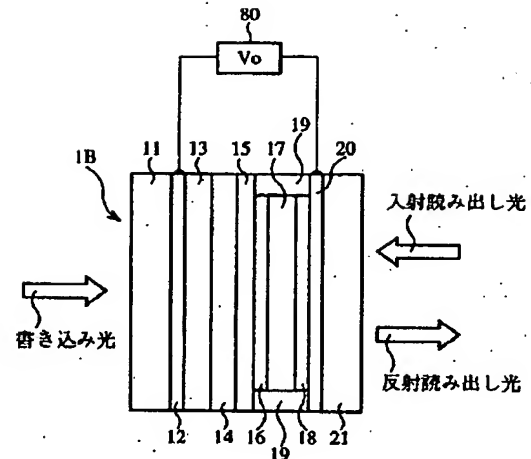
42B, 52B, 62B 青色光用偏光ビームスプリッタ

43, 53, 63 緑色光反射ダイクロイックミラー

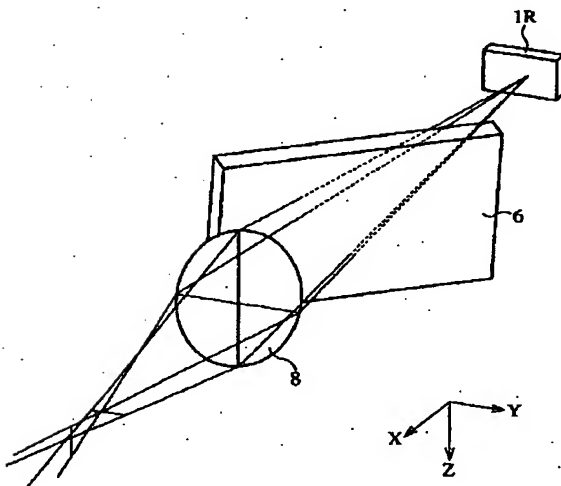
【図1】



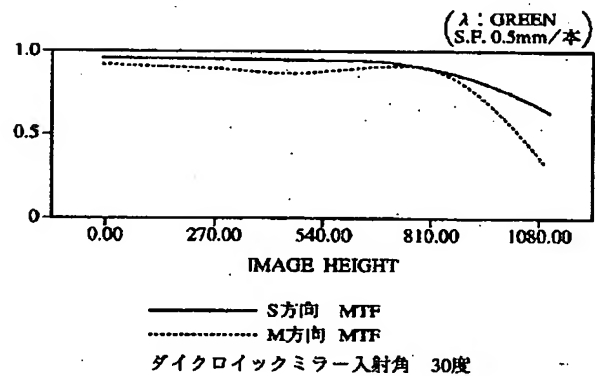
【図2】



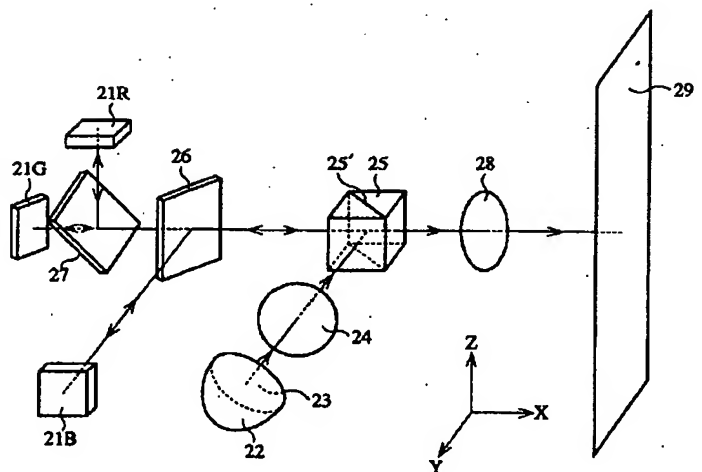
【図3】



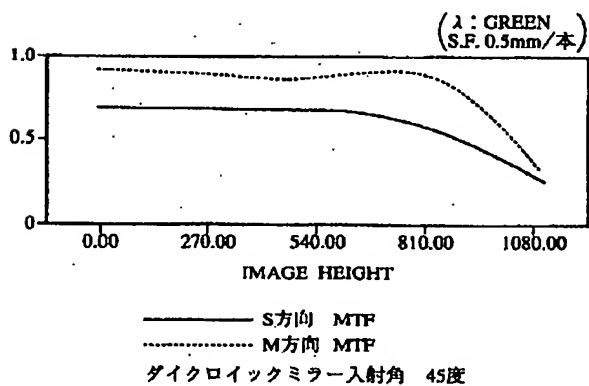
【図5】



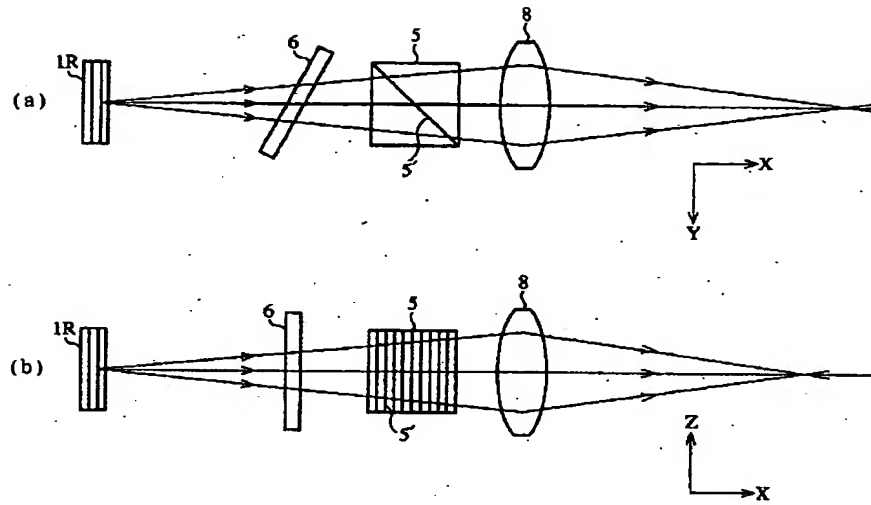
【図7】



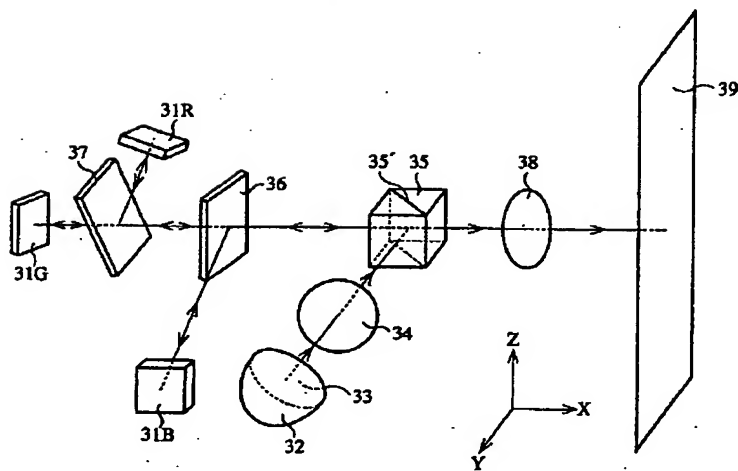
【図6】



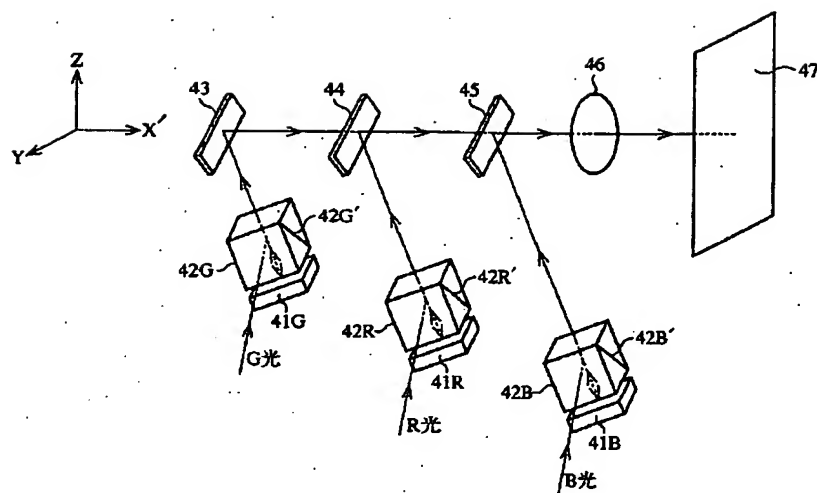
【図4】



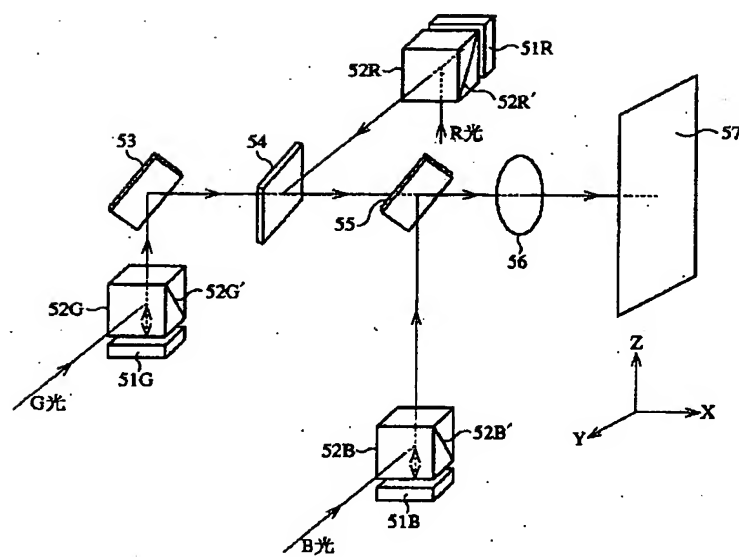
【図8】



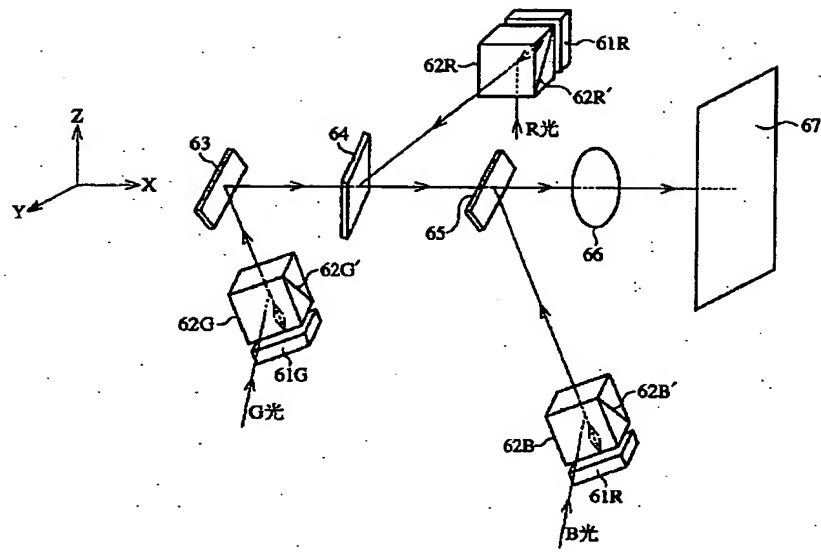
【図9】



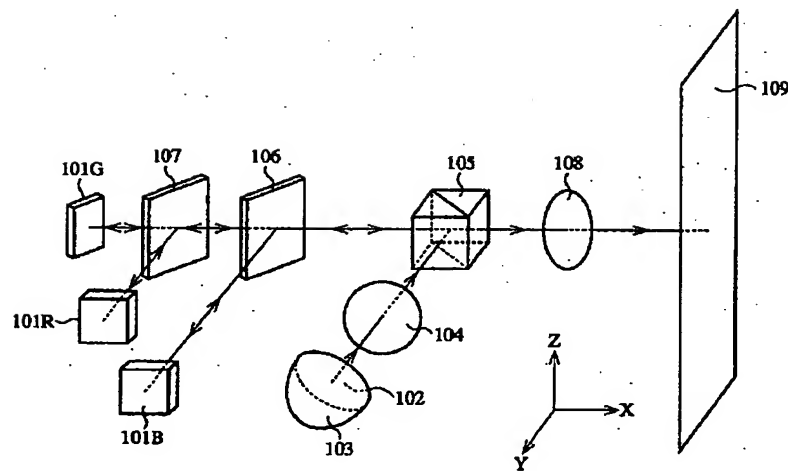
【図10】



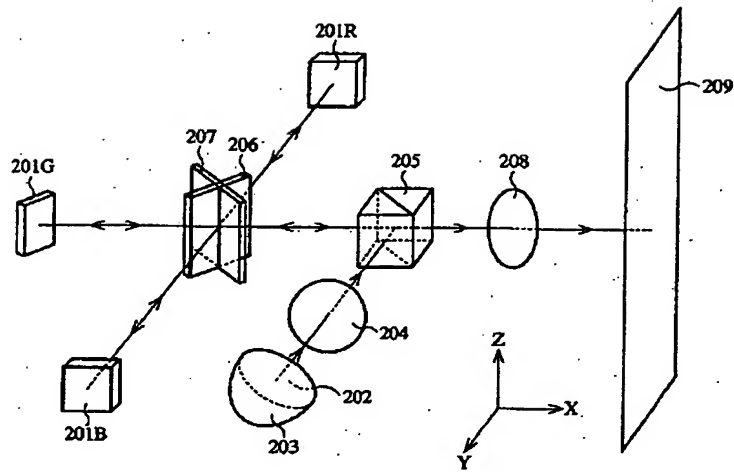
【図11】



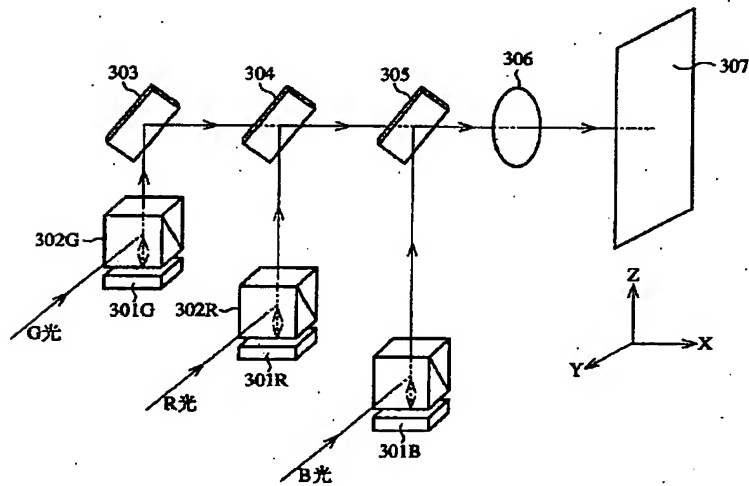
【図12】



【図13】



【図14】



THIS PAGE BLANK (USPTO)